



EP04 113651

PCT/EP2004/013651

Europäisches  
PatentamtEuropean  
Patent OfficeOffice européen  
des brevets

01 DEC 2004

Bescheinigung

Certificate

Attestation

REC'D 06 JAN 2005

WIPO PCT

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03028575.3

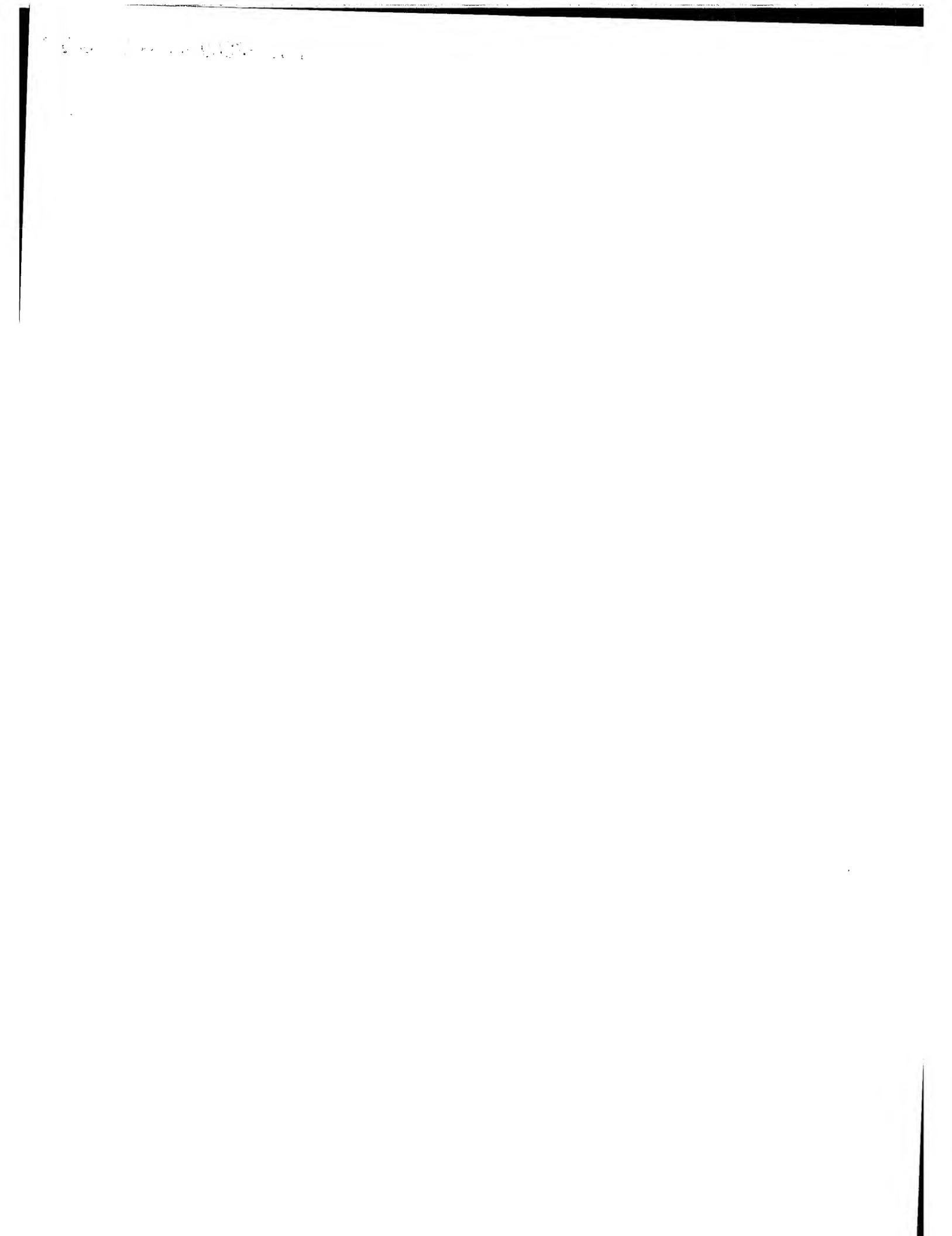
Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)





Anmeldung Nr:  
Application no.: 03028575.3  
Demande no:

Anmelde tag:  
Date of filing: 11.12.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Bauteil einer Dampfturbine und eine Dampfturbine

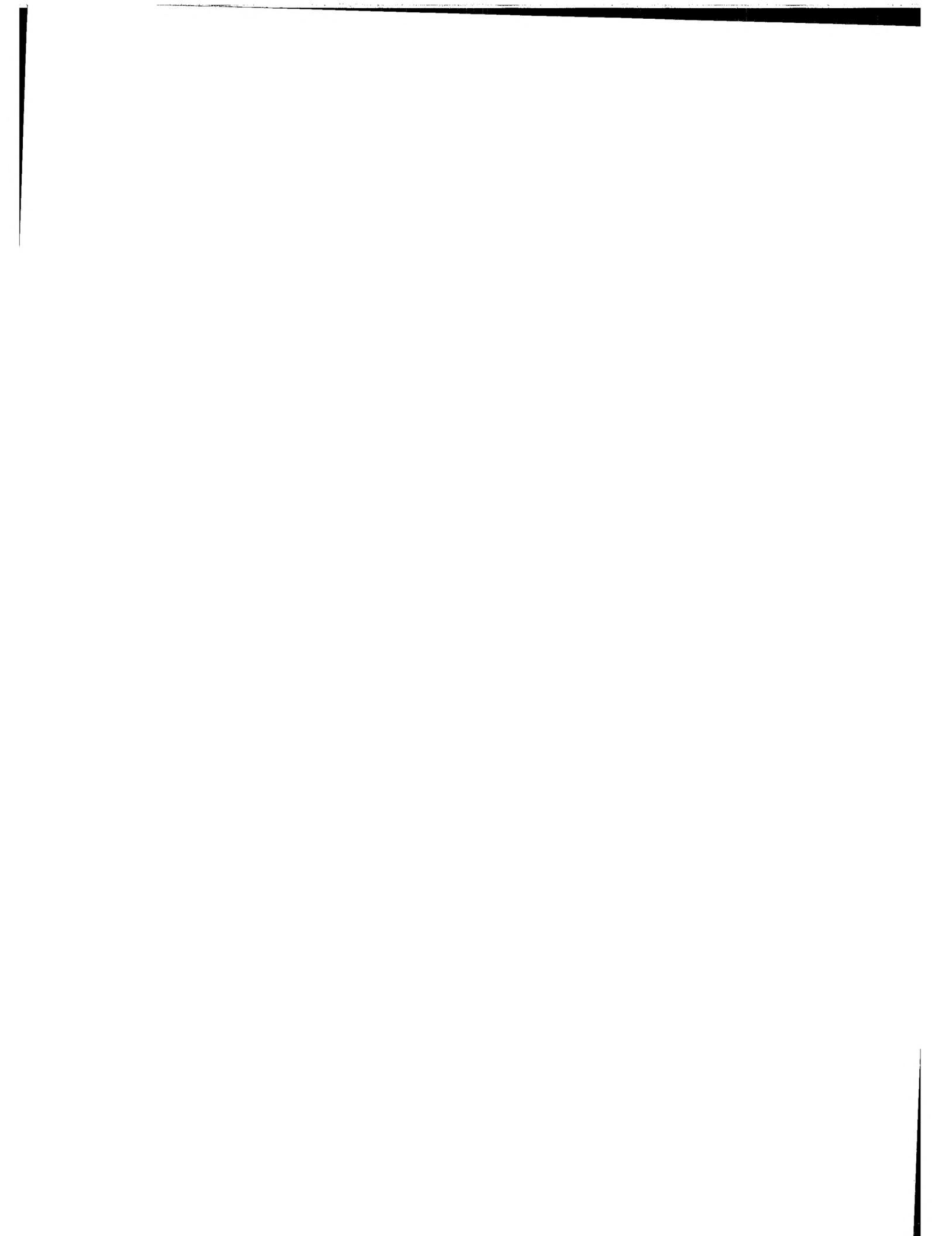
In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s) revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H01Q/

Am Anmelde tag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI



Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Bauteil einer  
Dampfturbine und eine Dampfturbine

- 5 Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 und eine Dampfturbine nach Anspruch 37.

Wärmedämmsschichten, die auf Bauteilen aufgebracht werden, sind aus dem Bereich der Gasturbinen bekannt, wie sie z.B. in 10 der EP 1 029 115 oder WO 00/25005 beschrieben sind.

Aus der DE 195 35 227 A1 ist bekannt, eine Wärmedämmsschicht in einer Dampfturbine vorzusehen, um Werkstoffe mit schlechteren mechanischen Eigenschaften, die aber kostengünstiger 15 sind, für das Substrat, auf das die Wärmedämmsschicht aufgebracht wird, verwenden zu können.

Die Wärmedämmsschicht ist im kälteren Bereich eines Dampfeinströmbereichs aufgebracht.

- 20 Wärmedämmsschichten erlauben es, Bauteile bei höheren Temperaturen einzusetzen, als es der Grundwerkstoff allein zulässt, oder die Einsatzdauer zu verlängern.

Bekannte Grundwerkstoffe ermöglichen Einsatztemperaturen von 25 maximal 1000°C - 1100°C, wohingegen eine Beschichtung mit einer Wärmedämmsschicht Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C in Gasturbinen ermöglicht.

30 Im Vergleich zu Gasturbinen sind die Einsatztemperaturen von Bauteilen in einer Dampfturbine deutlich niedriger, Druck und Dichte des Fluids jedoch höher und Art des Fluids anders, so dass dort andere Anforderungen an die Materialien gestellt werden.

- 35 Wesentlich für den Wirkungsgrad einer Dampfturbine sind die radialen und axialen Spiele zwischen Rotor und Stator. Maßgeblichen Einfluss darauf hat die Verformung der Dampfturbine.

nen-Gehäuse, deren Funktion es u.a. ist, die Leitschaufeln gegenüber den an der Welle befestigten Laufschaufeln zu positionieren.

5 Diese Gehäuseverformungen enthalten thermische Anteile (aus Wärmeeintrag) sowie viskoplastische Anteile (aus Bauteilkriechen bzw. -Relaxation).

10 Bei anderen Komponenten einer Dampfturbine (z. B. Ventil-Gehäusen) wirken sich unzulässige viskoplastische Verformungen nachteilig auf deren Funktion aus (z. B. Dichtheit des Ventils).

15 Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Probleme zu überwinden.

20 Die Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Bauteil, insbesondere für eine Dampfturbine gemäss Anspruch 1.

25 Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Dampfturbine gemäss Anspruch 37, die eine Wärmedämmsschicht mit lokal unterschiedlichen Parametern (Materialien, Porosität, Dicke) aufweist. Lokal bedeutet örtlich voneinander abgegrenzte Bereiche der Oberflächen von einem oder mehreren Bauteilen einer Turbine.

30 Die Wärmedämmsschicht dient nicht notwendigerweise nur dem Zweck, den Bereich der Einsatztemperaturen nach oben zu verschieben, sondern auch dazu, das Verformungsverhalten gezielt positiv zu beeinflussen durch

- a) die Absenkung der integralen stationären Temperatur eines Gehäuseteils gegenüber einem anderen Gehäuseteil,
- 35 b) eine Abschirmung der Bauteile gegen Dampf mit stark veränderlichen Temperaturen bei instationären Zuständen (Start, Abfahren, Lastwechsel),

- 5 c) eine Reduzierung der viskoplastischen Verformungen von Gehäusen, die sowohl durch abnehmende Kriechresistenz der Werkstoffe bei hohen Temperaturen als auch durch Thermo- spannungen infolge von Temperaturunterschieden im Bauteil entstehen.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bauteils aufgelistet.

- 10 10 Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.

15 15 Vorteilhaft wirkt sich die kontrollierte Beeinflussung des Verformungsverhaltens bei einem Radialspalt zwischen Turbinen-Rotor und Turbinenstator aus. Turbinenschaufel und einem Gehäuse auf, indem dieser Radialspalt minimiert wird. Eine Minimierung des Radialspalts führt zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Turbine.

20 20 Ebenso werden vorteilhafterweise durch das kontrollierte Verformungsverhalten Axialspalte in einer Dampfturbine, insbesondere zwischen Rotor und Gehäuse, kontrolliert eingestellt und minimiert.

25 25 Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, dass eine integrale Temperatur des Gehäuses durch die Aufbringung der Wärmedämm- schicht geringer ist als die Temperatur der Welle, so dass der radiale Spalt zwischen Rotor und Stator, d.h. zwischen 30 30 Laufschaufel spitze und Gehäuse bzw. zwischen Leitschaufel- spitze und Welle, im Betrieb (höhere Temperaturen als Raum- temperatur) kleiner ist als bei der Montage (Raumtemperatur). Eine Verringerung der instationären thermischen Verformung von Gehäusen und deren Angleichung an das Verformungsverhal- 35 35 ten der zumeist thermisch trügeren Turbinenwelle bewirkt ebenfalls eine Reduzierung der vorzusehenden radialen Spiele.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht wird auch eine viskose Kriechverformung reduziert, und das Bauteil kann länger eingesetzt werden.

- 5 Die Wärmedämmsschicht kann vorteilhafterweise bei neuhergestellten, gebrauchten (d.h. es ist keine Reparatur notwendig) und wiederaufgearbeiteten Bauteilen verwendet werden.
- 10 Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt.

Es zeigen

- |  |   |
|--|---|
| Figur 1, 2, 3, 4                         | Anordnungsmöglichkeiten einer Wärmedämmsschicht eines Bauteils,                                 |
| Figur 5, 6                               | einen Gradienten der Porosität innerhalb der Wärmedämmsschicht eines Bauteils,                  |
| Figur 7, 9                               | den Einfluss eines Temperaturunterschieds auf ein Bauteil,                                      |
| Figur 8                                  | eine Dampfturbine und   |
| Figur 10, 11, 12, 13, 14,<br>15, 16, 17, | weitere Verwendungsbeispiele einer Wärmedämmsschicht,   |
| Figur 18                                 | den Einfluss einer Wärmedämmsschicht auf die Lebensdauer eines wieder aufgearbeiteten Bauteils. |

15

Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfundungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

Das Bauteil 1 ist ein Bauteil, insbesondere ein Einströmbe-  
reich 333 einer Turbine (Gas, Dampf), insbesondere einer

- 20 Dampfturbine 300, 303 (Fig. 8) und besteht aus einem Substrat 4 (z.B. Tragstruktur, Gehäuseteil) und einer darauf aufgebrachten Wärmedämmsschicht 7.

Die Wärmedämmsschicht 7 ist insbesondere eine keramische Schicht, die beispielsweise aus Zirkonoxid (teilstabilisiert, vollstabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Magnesiumoxid) und/oder aus Titanoxid besteht, und ist beispielsweise dicker

5 als 0,1 mm.

So können Wärmedämmsschichten 7, die zu 100% entweder aus Zirkonoxid oder Titanoxid bestehen, verwendet werden.

Die keramische Schicht kann mittels bekannter Beschichtungs-

verfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Vaku-

10 umplasmaspritzen (VPS), Niedrigdruckplasmaspritzen (LPPS), sowie durch chemische oder physikalische Beschichtungsmetho-

den (CVD, PVD) aufgebracht werden.

15 Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

Zwischen dem Substrat 4 und der Wärmedämmsschicht 7 ist zumindest eine Zwischenschutzschicht 10 angeordnet.

Die Zwischenschutzschicht 10 dient zum Schutz vor Korrosion

20 und/oder Oxidation des Substrats 4 und/oder zur besseren Anbindung der Wärmedämmsschicht an das Substrat 4. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Wärmedämmsschicht aus Keramik und das Substrat 4 aus einem Metall besteht.

25 Die Zwischenschutzschicht 10 zum Schutz eines Substrats 4 gegen Korrosion und Oxidation bei einer hohen Temperatur weist beispielsweise im wesentlichen folgende Elemente auf (Angabe der Anteile in Gewichtsprozent):

11,5 bis 20,0 wt% Chrom,

30 0,3 bis 1,5 wt% Silizium,

0,0 bis 1,0 wt% Aluminium,

0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden, Rest Eisen, Kobalt und/oder Nickel sowie her-

35 stellungsbedingte Verunreinigungen;

insbesondere besteht die metallische Zwischenschutzschicht 10 aus

- 12,5 bis 14,0 wt% Chrom,  
0,5 bis 1,0 wt% Silizium,  
0,1 bis 0,5 wt% Aluminium,  
0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes  
5 Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der  
Seltenen Erden, Rest Eisen und/oder Kobalt und/oder Nickel  
sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.  
Bevorzugt ist es, wenn der Rest nur Eisen ist.
- 10 Die Zusammensetzung der Zwischenschutzschicht 7 auf Eisenba-  
sis zeigt besonders gute Eigenschaften, so dass die Schutz-  
schicht 7 hervorragend zur Aufbringung auf ferritischen Sub-  
straten 4 geeignet ist.  
Dabei können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  
15 Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 sehr gut aneinander  
angepaßt werden oder sogar gleich sein, so dass es zu  
keinem thermisch verursachten Spannungsaufbau zwischen Sub-  
strat 4 und Zwischenschutzschicht 10 kommt (thermal mis-  
match), der ein Abplatzen der Zwischenschutzschicht 10 verur-  
20 sachen könnte.  
Dies ist besonders wichtig, da bei ferritischen Werkstoffen  
oft keine Wärmebehandlung zur Diffusionsanbindung durchge-  
führt wird, sondern die Schutzschicht 7 größtenteils oder nur  
durch Adhäsion auf dem Substrat 4 haftet.
- 25 Insbesondere ist das Substrat 4 dann eine ferritische Basis-  
legierung, ein Stahl oder eine Nickel- oder kobaltbasierte  
Superlegierung, insbesondere ein 1%CrMoV-Stahl oder ein 10  
bis 12prozentiger Chromstahl.
- 30 Weitere vorteilhafte ferritische Substrate 4 des Schichtsys-  
tems 1 bestehen aus einem  
1% bis 2%Cr Stahl für Wellen (309, Fig. 4):  
35 wie z.B. 30CrMoNiV5-11 oder 23CrMoNiWV8-8,  
1% bis 2%Cr Stahl für Gehäuse (beispielsweise 333, Fig. 4):

G17CrMoV5-10 oder G17CrMo9-10,

10% Cr-Stahl für Wellen (309, Fig. 4):

X12CrMoWVNbN10-1-1,

5

10% Cr-Stahl für Gehäuse (beispielsweise 333, Fig. 4):

GX12CrMoWVNbN10-1-1 oder GX12CrMoVNbN9-1.

10 Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.  
Auf der Wärmedämmsschicht 7 bildet nun eine Erosionsschutzschicht 13 die äußere Oberfläche.  
Sie besteht insbesondere aus einem Metall oder einer Metalllegierung und schützt das Bauteil vor Erosion und/oder Verschleiß, wie es insbesondere bei Dampfturbinen 300, 303 (Fig. 8), die eine Verzunderung im Heißdampfbereich aufweisen, der Fall ist, wo mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 50m/s (d.h. 20 - 100m/s), und Drücke von bis zu 400 bar auftreten.

Für eine möglichst gute Wirkungsweise der Wärmedämmsschicht weist die Wärmedämmsschicht eine gewisse offene und/oder geschlossene Porosität auf.

25

Vorzugsweise weist die Verschleiß/Erosionsschutzschicht 13 eine höhere Dichte auf und besteht aus Legierungen auf der Basis von Eisen, Chrom, Nickel und/oder Kobalt oder MCrAlX oder beispielsweise NiCr 80/20 oder mit Beimengungen von Bor (B) und Silizium (Si) NiCrSiB oder NiAl (beispielsweise Ni: 95%, Al 5%).

Insbesondere kann eine metallische Erosionsschutzschicht 13 bei Dampfturbinen 300, 303 eingesetzt werden, da die Einsatztemperaturen in Dampfturbinen beim Dampfeinströmbereich 33 maximal bei 800°C oder 850°C liegen. Für solche Temperaturbereiche gibt es genügend metallische Schichten, die einen hin-

reichend großen notwendigen Erosionsschutz über die Einsatzdauer des Bauteils 1 aufweisen.

- Metallische Erosionsschutzschichten 13 in Gasturbinen auf 5 einer keramischen Wärmedämmsschicht 7 sind dort nicht überall möglich, da metallische Erosionsschutzschichten 13 als äußere Schicht die maximalen Einzeltemperaturen von bis zu 1350°C nicht aushalten können.
- 10 Keramische Erosionsschutzschichten 13 sind ebenso denkbar.

Weitere Materialien für die Erosionsschutzschicht 13 sind beispielsweise Chromkarbid ( $Cr_3C_2$ ), eine Mischung aus Wolframkarbid, Chromkarbid und Nickel (WC-CrC-Ni) beispielsweise 15 mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid, 20 wt% für Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, ferner Chromkarbid mit der Beimischung von Nickel ( $Cr_3C_2$ -Ni) beispielsweise mit einem Anteil von 83 wt% Chromkarbid und 17 wt% Nickel sowie eine Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom ( $Cr_3C_2$ -NiCr) 20 beispielsweise mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom sowie Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid beispielsweise mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.

25

Ebenso kann im Vergleich zu dem Ausführungsbeispiel gemäss Figur 3 noch eine Zwischenschutzschicht 10 vorhanden sein (Fig. 4).

30

Figur 5 zeigt eine Wärmedämmsschicht 7 mit einem Gradienten der Porosität.

In der Wärmedämmsschicht 7 sind Poren 16 vorhanden. In Richtung einer äußeren Oberfläche nimmt die Dichte  $\rho$  der Wärmedämmsschicht 7 zu (Richtung Pfeil). 35

Somit besteht zum Substrat 4 oder einer ggf. vorhandenen Zwischenschutzschicht 10 hin vorzugsweise eine größere Porosität als im Bereich einer äußeren Oberfläche oder der Kontaktfläche zu der Erosionsschutzschicht 13.

5

In Figur 6 verläuft der Gradient in der Dichte  $\rho$  der Wärmedämmsschicht 7 entgegengesetzt wie in der Figur 5 gezeigt (Richtung Pfeil).

10

Die Figuren 7a, b zeigen den Einfluss der Wärmedämmsschicht 7 auf das thermisch bedingte Verformungsverhalten des Bauteils 1.

15

Figur 7a zeigt ein Bauteil ohne Wärmedämmsschicht.

An zwei gegenüberliegenden Seiten des Substrats 4 herrschen zwei verschiedene Temperaturen, eine höhere Temperatur  $T_{\max}$  und eine niedrigere Temperatur  $T_{\min}$ , wodurch ein Temperaturunterschied  $dT(4)$  gegeben ist.

20

Somit dehnt sich das Substrat 4, wie es gestrichelt angedeutet ist, im Bereich der höheren Temperatur  $T_{\max}$  aufgrund der thermischen Ausdehnung deutlich stärker aus als im Bereich der kleineren Temperatur  $T_{\min}$ . Diese unterschiedliche Ausdehnung verursacht eine unerwünschte Verformung eines Gehäuses.

25

Hingegen ist bei der Figur 7b auf dem Substrat 4 eine Wärmedämmsschicht 7 vorhanden, wobei das Substrat 4 und die Wärmedämmsschicht 7 zusammen beispielsweise genauso dick sind wie das Substrat 4 in Figur 7a.

30

Die Wärmedämmsschicht 7 reduziert die maximale Temperatur an der Oberfläche des Substrats 4 überproportional auf eine Temperatur  $T'_{\max}$ , obwohl die äußere Temperatur  $T_{\max}$  genauso hoch ist wie in Figur 7a. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Abstand der Oberfläche des Substrats 4 zur äußeren Oberfläche der Wärmedämmsschicht 7 mit der höheren Temperatur, sondern insbesondere durch die geringere thermische Leitfähigkeit der

Wärmedämmsschicht 7. Innerhalb der Wärmedämmsschicht 7 ist ein sehr viel größerer Temperaturgradient vorhanden als im metallischen Substrat 4.

5 Dadurch wird der Temperaturunterschied  $dT(4,7)$  ( $= T'_{\max} - T'_{\min}$ ) kleiner als der Temperaturunterschied gemäß Figur 7a ( $dT(4) = dT(7) + dT(4,7)$ ).

10 Dadurch findet eine wesentlich geringere oder sogar im Vergleich zur Oberfläche mit der Temperatur  $T'_{\min}$  eine kaum unterschiedliche thermische Ausdehnung des Substrats 4 statt, wie es gestrichelt angedeutet ist, so dass lokal unterschiedliche Ausdehnungen zumindest vergleichmäßig werden.

15 Häufig weisen die Wärmedämmsschichten 7 auch einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Substrat 4 auf.

Das Substrat 4 in Figur 7b kann auch genauso dick sein wie 20 das in Figur 7a.

In Figur 8 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden 20 Turbinenwelle 309 dargestellt.

Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und ein dieses umschließendes Außengehäuse 315 auf. 25 Die Hochdruck-Teilturbine 300 ist beispielsweise in Topfbauart ausgeführt. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303 einflutig ausgeführt ist. Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300 30 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-35 Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mitteldruck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 abge-

dichtet. Zwischen einem Hochdruck-Dampfeinströmungsbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschauflung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschauflung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschauflungsbereich 360 dar. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmungsbereich 333 auf. Dem Dampfeinströmungsbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische 10 Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle 309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Beschauflungsbereich 366, 367 mit den Mitteldruck-Laufschaufeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschauflungsbereich 366 strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine. 15 20

Die Turbinenwelle 309 ist aus zwei Teilturbinenwellen 309a und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind.

- 25 Insbesondere weist der Dampfeinströmungsbereich 333 jeglichen Dampfturbinentyps eine Wärmedämmsschicht 7 und/oder eine Erosionsschutzschicht 13 auf.
- 30 Durch das kontrollierte Verformungsverhalten durch Aufbringen einer Wärmedämmsschicht kann insbesondere der Wirkungsgrad einer Dampfturbine 300, 303 erhöht werden. Dies erfolgt beispielsweise durch die Minimierung des Radialspalts (radial, d.h. senkrecht zur Achse 306) zwischen Rotor- 35 und Statorteilen (Fig. 16, 17).

Ebenso kann ein axialer Spalt 378 (parallel zur Achse 306) durch das kontrollierte Verformungsverhalten von Beschaufelung des Rotors und Gehäuse minimiert werden.

- 5 Die folgenden Beschreibungen der Verwendung der Wärmedämmungsschicht 7 beziehen sich nur exemplarisch auf Bauteile 1 einer Dampfturbine 300, 303.
- 10 Figur 9 zeigt die Auswirkung von lokal unterschiedlichen Temperaturen auf das Ausdehnungsverhalten eines Bauteils.

Figur 9a zeigt ein Bauteil 1, das sich durch eine Temperaturerhöhung ( $\Delta T$ ) ausdehnt ( $\Delta l$ ).

- 15 Die thermische Längenausdehnung  $\Delta l$  ist gestrichelt angedeutet. Eine Halterung, Lagerung oder eine Fixierung des Bauteils 1 lässt diese Ausdehnung zu.

- 20 Figur 9b zeigt ebenfalls ein Bauteil 1, das sich aufgrund einer Temperaturerhöhung ausdehnt. Jedoch sind die Temperaturen in verschiedenen Bereichen des Bauteils 1 unterschiedlich. So ist beispielsweise in einem mittleren Bereich, beispielsweise dem Einströmbereich 333 die Temperatur  $T_{333}$  größer als die Temperatur  $T_{366}$  des sich anschließenden Beschaufelungsbereichs 366 und größer als in einem weiteren, sich anschließenden Gehäuseteil 367 ( $T_{367}$ ). Angedeutet ist durch die gestrichelten Linien mit dem Bezugssymbol 333<sub>gleich</sub> die thermische Ausdehnung des Einströmbereichs 333, wenn alle Bereiche 333, 366, 367 eine gleichmäßige Temperaturerhöhung erfahren würden. Da jedoch die Temperatur im Einströmbereich 333 größer als in den umliegenden Bereichen 366 und 367 ist, dehnt sich der Einströmbereich 333 stärker aus als durch die gestrichelten Linien 333' angedeutet ist. Da der Einströmbereich 333 zwischen dem Beschaufelungsbereich 366 und einem weiteren Bereich 367 angeordnet ist, kann sich

der Einströmbereich 333 nicht frei ausdehnen, so dass es zu einem ungleichmäßigen Verformungsverhalten kommt. Durch die Aufbringung der Wärmedämmsschicht 7 soll das Verformungsverhalten kontrolliert und/oder vergleichmäßigt werden.

5

Figur 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Bereichs 333, 366 der Dampfturbine 300, 303.

Die Dampfturbine 300, 303 besteht in der Umgebung des Einströmbereichs 333 aus einem äußeren Gehäuse 334, an dem Temperaturen beispielsweise zwischen 250° bis 350°C anliegen und 10 einem Innengehäuse 335, an dem Temperaturen beispielsweise von 450° bis 620°C, aber auch bis 800°C herrschen, so dass beispielsweise Temperaturunterschiede größer 200°C vorliegen. 15 Auf das Innengehäuse 335 auf der Innenseite 336 wird die Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.

Auf die Außenseite 337 wird beispielsweise keine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 wird der Wärmeeintrag in das Innengehäuses 335 verringert, so dass das 20 thermische Ausdehnungsverhalten des Einströmbereichs 333 und das gesamte Verformungsverhalten der Bereiche 333, 366, 367 beeinflusst wird. Dadurch kann das gesamte Verformungsverhalten des Innengehäuses 334 oder des Außengehäuses 335 kontrolliert eingestellt und vergleichmäßigt werden.

Die Einstellung des Verformungsverhaltens von einem Bauteil 25 oder von Bauteilen untereinander (Fig. 9b) kann erfolgen durch eine Variation der Dicke der Wärmedämmsschicht 7 (Fig. 12) und/ oder die Aufbringung von verschiedenen Materialien 30 an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Innengehäuses 335 (Fig. 13).

Ebenso kann die Porosität an verschiedenen Stellen des Innengehäuses 335 verschieden sein (Fig. 14).

Die Wärmedämmsschicht 7 kann lokal begrenzt, beispielsweise 35 nur im Innengehäuse 335 im Bereich des Einströmbereichs 333 aufgebracht sein.

Ebenso kann die Wärmedämmsschicht 7 nur im Beschaufelungsbereich 366 lokal aufgebracht sein (Fig. 11).

- 5 Figur 12 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Verwendung einer Wärmedämmsschicht 7.  
Hier ist die Dicke der Wärmedämmsschicht 7 im Einströmbereich 333 beispielsweise mindestens 50% dicker ausgeführt als im Beschaufelungsbereich 366 der Dampfturbine 300, 303.
- 10 Durch die Dicke der Wärmedämmsschicht 7 wird der Wärmeeintrag und damit die thermische Ausdehnung und somit das Verformungsverhalten des Innengehäuses 334, bestehend aus dem Einströmbereich 333 und dem Beschaufelungsbereich 366, kontrolliert eingestellt und (über die axiale Länge) vergleichmäßigt
- 15 werden.

- Ebenso kann im Bereich des Einströmbereichs 333 ein anderes Material vorhanden sein als im Beschaufelungsbereich 366.
- 20 Figur 13 zeigt verschiedene Materialien der Wärmedämmsschicht 7 in verschiedenen Bereichen 333, 366 des Bauteils 1. In beiden Bereichen 333, 366 ist eine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht. Jedoch besteht die Wärmedämmsschicht 8 im Bereich des Einströmbereichs 333 aus einem ersten Wärmedämmsschichtmaterial, hingegen besteht das Material der Wärmedämmsschicht 9 im Beschaufelungsbereich 366 aus einem zweiten Wärmedämmsschichtmaterial.
- Durch das unterschiedliche Material für die Wärmedämmsschichten 8, 9 wird eine unterschiedliche Wärmedämmung erreicht, wodurch das Verformungsverhalten der Bereiche 333 und 366 eingestellt wird, insbesondere vergleichmäßigt wird. Eine höhere Wärmedämmung wird dort (333) eingestellt, wo höheren Temperaturen herrschen.
- 30 Die Dicke und/oder die Porosität der Wärmedämmsschichten 8, 9 kann gleich sein.
- Ebenso kann natürlich auf den Wärmedämmsschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 angeordnet sein.

Figur 14 zeigt ein Bauteil 1, 300, 303 bei dem in verschiedenen Bereichen 333, 366 unterschiedliche Porositäten von 5 bis 30% vorhanden sind.

So weist beispielsweise der Einströmbereich 333 mit der Wärmedämmsschicht 8 eine höhere Porosität auf als die Wärmedämmsschicht 9 des Beschaufelungsbereichs 366, wodurch im Einströmbereich 333 eine höhere Wärmedämmung erzielt wird als 10 durch die Wärmedämmsschicht 9 im Beschaufelungsbereich 366. Die Dicke und das Material der Wärmedämmsschichten 8, 9 kann ebenfalls unterschiedlich sein.

Somit wird durch die Porosität die Wärmedämmung einer Wärmedämmsschicht 7 eingestellt, wodurch das Verformungsverhalten 15 von verschiedenen Bereichen 333, 366 eines Bauteils 1 eingestellt werden kann.

Ebenso kann auf den Wärmedämmsschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 vorhanden sein.

20 Durch die Maßnahmen gemäss Figuren 11, 12 und 13 werden die axialen Spiele zwischen Rotor und Stator (Gehäuse) eingestellt, da die thermisch bedingte Ausdehnung trotz unterschiedlicher Temperaturen oder thermischer Ausdehnungskoeffizienten angepasst wird ( $dl_{333} \approx dl_{366}$ ). Die Temperaturunterschiede bestehen auch im stationären Zustand der Turbine.

Figur 15 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Verwendung einer Wärmedämmsschicht 7.

30 Das Bauteil 1, insbesondere ein Gehäuseteil, ist hier ein Ventilgehäuse 31, in das durch einen Einströmkanal 46 ein heißer Dampf einströmt. Der Einströmkanal 46 bewirkt eine mechanische Schwächung des Ventilgehäuses. 35 Das Ventilgehäuse 31 besteht beispielsweise aus einem topfförmigen Gehäuseteil 34 und einem Deckel 37.

- Innerhalb des Gehäuseteils 31 ist ein Ventil, bestehend aus einem Ventilkegel 40 und einer Spindel 43 vorhanden. Infolge Bauteil-Kriechens kommt es zu einem ungleichförmigen axialen Verformungsverhalten des Gehäuses 31 und des Deckels 37. Das Ventilgehäuse 31 würde sich, wie gestrichelt angedeutet, im Bereich des Kanals 46 axial stärker ausdehnen, so dass es zu einer Verkippung des Deckels mit der Spindel 43 kommt. Dadurch sitzt der Ventilkegel 34 nicht mehr richtig auf, so dass die Dichtheit des Ventils reduziert wird.
- 10 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 auf eine Innenseite 49 des Gehäuses 31 wird eine Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens erreicht, so dass sich beide Enden 52, 55 des Gehäuses 31 und des Deckels 37 gleichmäßig ausdehnen.
- 15 Insgesamt dient das Aufbringen der Wärmedämmsschicht dazu, das Verformungsverhalten zu kontrollieren und damit die Dichtheit des Ventils zu gewährleisten.
- 20 Figur 16 zeigt einen Stator 58, beispielsweise ein Gehäuse 335, 366 einer Turbine 300, 303 und ein rotierendes Bauteil 61 (Rotor), insbesondere eine Turbinenschaufel 120, 130, 342, 354.
- 25 Das Temperatur-Zeit-Diagramm  $T(t)$  für den Stator 58 und den Rotor 61 zeigt beispielsweise beim Abfahren der Turbine 300, 303, dass die Temperatur  $T$  des Stators 58 schneller absinkt als die Temperatur des Rotors 61. Dadurch schrumpft das Gehäuse 58 stärker als der Rotor 61, so dass das Gehäuse 58
- 30 sich dem Rotor nähert. Daher muss ein entsprechender Abstand  $d$  zwischen Stator 58 und Rotor 61 im kalten Zustand vorhanden sein, um in dieser Betriebsphase ein Anstreifen des Rotors 61 an das Gehäuse 58 zu verhindern.
- 35 In Figur 17 ist auf den Stator (nicht rotierendes Bauteil) 58 eine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.

Die Wärmedämmsschicht 7 bewirkt eine größere thermische Trägheit des Stators 58 oder des Bauteils (335), das sich stärker oder schneller erwärmt.

In dem Temperatur-Zeit-Diagramm ist wiederum der zeitliche 5 Verlauf der Temperaturen T des Stators 58 und des Rotors 61 gezeigt. Durch die Wärmedämmsschicht 7 auf dem Stator 58 steigt die Temperatur des Stators 58 nicht so schnell an und der Unterschied zwischen den beiden Kurven ist geringer. Dies ermöglicht einen geringeren radialen Spalt d7 auch bei 10 Raumtemperaturen zwischen Rotor 61 und Stator 58, so dass der Wirkungsgrad der Turbine 300, 303 infolge eines geringeren Spaltes im Betrieb entsprechend erhöht wird.

Das Abstands-Zeit-Diagramm zeigt, dass ein kleinerer Abstand 15 d7 ( $d7 < di < ds$ ) bei Raumtemperatur RT vorhanden ist, der nicht zum Anstreifen von Stator 58 und Rotor 61 führt.

Die Temperaturunterschiede und damit einhergehende Spaltänderungen sind bedingt durch instationäre Zustände (Starten, 20 Lastwechsel, Abfahren) der Dampfturbine 300, 303, wohingegen im stationären Betrieb keine Probleme mit Änderungen radialer Abstände bestehen.

25 Figur 18 zeigt den Einfluss der Aufbringung einer Wärmedämmsschicht auf ein wiederaufgearbeitetes Bauteil.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile, die im Einsatz waren ggf. repariert werden, d.h., dass sie 30 von Korrosions- und Oxidationsprodukten befreit werden, sowie Risse ggf. detektiert und beispielsweise durch Auffüllen mit Lot repariert werden.

Jedes Bauteil 1 hat eine bestimmte Lebensdauer, bis es zu 100% geschädigt ist.

35 Wenn das Bauteil 1, beispielsweise eine Turbinenschaufel oder ein Innengehäuse 334, zu einem Zeitpunkt  $t_s$  inspiziert und ggf. wieder aufgearbeitet wird, ist ein bestimmter Prozent-

- satz der Schädigung erreicht. Der zeitliche Verlauf der Schädigung des Bauteils 1 ist mit dem Bezugszeichen 22 gekennzeichnet. Nach dem Servicezeitpunkt  $t_s$  würde die Schädigungskurve ohne eine Wiederaufarbeitung anhand der gestrichelten
- 5 Linie 25 weiter verlaufen. Die restliche Betriebsdauer wäre dadurch relativ kurz.
- Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 auf das vorgeschräigte oder mikrostrukturell veränderte Bauteil 1 wird die Einsatzdauer des Bauteils 1 erheblich verlängert. Durch die
- 10 Wärmedämmsschicht 7 wird der Wärmeeintrag und die Schädigung von Bauteilen verringert, so dass der Lebensdauerverlauf anhand der Kurve 28 weiter verläuft. Dieser Verlauf der Kurve ist gegenüber dem Kurvenverlauf 25 deutlich abgeflacht, so dass ein solches beschichtetes Bauteil 1 mindestens noch mal
- 15 so lang eingesetzt werden kann.

Nicht in jedem Fall muss die Lebensdauer des Bauteils, das inspiziert worden ist, verlängert werden, sondern es kann auch allein beabsichtigt sein, durch das erstmalige oder wiederholte Aufbringen der Wärmedämmsschicht 7 das Verformungsverhalten von Gehäuseteilen zu kontrollieren und zu vergleichmäßigen wodurch der Wirkungsgrad wie oben beschrieben durch die Einstellung der Radialspalte zwischen Rotor und Gehäuse sowie des Axialspaltes zwischen Rotor und Gehäuse erhöht wird.

Daher kann die Wärmedämmsschicht 7 vorteilhafterweise auch auf nicht zu reparierende Bauteile 1 oder Gehäuseteile aufgebracht werden.

## Patentansprüche

1. Verwendung einer Wärmedämmsschicht (7) für eine Dampfturbine (300, 303),  
5 die aus Gehäuseteilen (34, 37, 334, 335, 366, 367) besteht, um ein unterschiedliches Verformungsverhalten der Bauteile (34, 37, 334, 335, 366, 367), insbesondere zwischen Raumtemperatur und 10 Betriebstemperatur, zumindest teilweise, insbesondere ganz einander anzupassen, so dass eine Verringerung radialer und/oder axialer Spiele in der Vorrichtung (1, 31, 300, 303) erreicht wird.  
15
2. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Bauteil (34, 335) verwendet wird, das an ein anderes Bauteil (37, 334, 366, 367) angrenzt, und dass das Verformungsverhalten des Bauteils (34, 335) gegenüber dem angrenzenden Bauteil (37, 334, 366, 367) angepasst, 25 insbesondere vergleichmäßig wird.
3. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Wärmedämmsschicht (7) für einen Dampfeinströmbe- reich (333) einer Dampfturbine verwendet wird, der an zumindest einen Beschaufelungsbereich (366, 367) angrenzt, und  
35 dass das Verformungsverhalten des Dampfeinströmbereichs (333) dem Verformungsverhalten des angrenzenden Beschaufelungsbereichs (366, 367) angepasst wird.

4. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Wärmedämmsschicht (7) für ein Turbinengehäuse (334, 335, 366, 367) verwendet wird.

10 5. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmsschicht (7) für ein Ventilgehäuse (34) verwendet wird.

15

6. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

20 dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuseteil (34) eines Ventilgehäuses (31) verwendet wird, das an einen Deckel (37) des Ventilgehäuses (31) angrenzt, und dass das Verformungsverhalten des Gehäuseteils (34) an das  
25 Verformungsverhalten des angrenzenden Deckels (37) angeglichen wird.

7. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 30 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmsschicht (7) für eine Turbinenschaufel (342, 354, 357) verwendet wird.

35

8. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,

5       dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Bauteil (1, 34, 37,  
335, 366, 367) verwendet wird,  
das (1) aus einem Substrat (4) und einer Wärmedämmsschicht  
(7) besteht, und  
dass das Substrat (4) aus einer eisen-, nickel- oder  
10      kobaltbasierten Legierung besteht.

9. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 8,  
die (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Zirkon-  
15      oxid ( $ZrO_2$ ) besteht.

10. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 9,  
die (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Titan-  
20      oxid ( $TiO_2$ ) besteht.

11. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 8, 9,  
oder 10,  
25      dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmsschicht (7) für ein Bauteil (1) verwendet  
wird,  
wobei unterhalb der Wärmedämmsschicht (7) des Bauteils (1)  
30      eine Zwischenschutzschicht (10),  
insbesondere eine  $MCrAlX$ -Schicht, vorhanden ist,  
wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Nickel,  
Kobalt und insbesondere Eisen steht  
sowie X Yttrium und/oder Silizium und/oder zumindest ein  
35      Element der Seltenen Erden ist.

12. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmsschicht (7) für ein Bauteil (1, 335, 366,  
367) verwendet wird,  
das einer Temperaturdifferenz,  
insbesondere von mindestens 200°C,  
gegeben durch eine höhere Temperatur auf der einen Seite  
10 (336) des Bauteils (1, 335) und einer niedrigeren Tempera-  
tur auf der anderen Seite (337) des Bauteils (1, 335),  
ausgesetzt ist,  
wobei die Wärmedämmsschicht (7) auf der Seite (336) des  
Bauteils (1) mit der höheren Temperatur aufgebracht ist.

15

13. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die höhere Temperatur mindestens 450°C, insbesondere bis  
zu 800°C beträgt.

14. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass

25

die für die Zwischenschutzschicht (10) ein Material  
bestehend aus

11,5 wt% - 20 wt%, insbesondere 12,5 wt% - 14 wt% Chrom,  
0,3 wt% - 1,5 wt%, insbesondere 0,5 wt% - 1 wt% Silizium,  
30 0,0 wt% - 1,0 wt%, insbesondere 0,1 wt% - 0,5 wt% Alumi-  
nium  
sowie Rest Eisen verwendet wird.

35

15. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 9, 10  
oder 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmsschicht (7) für ein Bauteil (1) verwendet  
wird,  
wobei auf der Wärmedämmsschicht (7) eine Erosionsschutz-  
schicht (13),  
insbesondere eine metallische Erosionsschutzschicht (13)  
10 vorhanden ist.

16. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, dass

15 als Erosionsschutzschicht (13) eine eisen-, nickel-,  
chrom- oder kobaltbasierte Legierung,  
insbesondere NiCr 80/20, verwendet wird.

20 17. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 15 oder  
16,  
dadurch gekennzeichnet, dass

25 eine Erosionsschutzschicht (13) verwendet wird,  
die eine geringere Porosität als die Wärmedämmsschicht (7)  
aufweist.

30 18. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 9, 10  
oder 15,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
35 eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,  
die porös ist.

19. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 17  
oder 18,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 5        eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,  
die einen Gradienten in der Porosität aufweist.
- 10      20. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 15      eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,  
deren Porosität in einem äußeren Bereich der Wärmedämm-  
schicht (7) am größten ist.
- 20      21. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 25      22. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 30      eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,  
deren Dicke lokal (335, 366, 367) verschieden ist.
- 35      23. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 22,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 35      eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,  
deren Material lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

24. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 22,  
oder 23,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmsschicht (7) nur lokal in bestimmten Bereichen  
der Oberflächen von Bauteilen (1, 34, 37, 333, 334, 335,  
366, 367) der Vorrichtung (1, 31, 300, 303) aufgebracht  
wird.

10 25. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 24,  
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Wärmedämmsschicht (7) nur im Dampfeinströmbereich (333)  
der Dampfturbine (300, 303) verwendet wird.

26. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 22,  
23 oder 24,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmsschicht (7) im Einströmbereich (333) und im  
Beschaufelungsbereich (366) der Dampfturbine (300, 303)  
verwendet wird.

25

27. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 24,  
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmsschicht (7) nur lokal im Beschaufelungsbereich  
(366) verwendet wird.

35

28. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 22,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Dicke der Wärmedämmsschicht (7) im Einströmbereich  
(333) größer ist als im Beschaufelungsbereich (366).

29. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

10 die Wärmedämmsschicht (7) bei wieder aufzuarbeitenden Bau-  
teilen (1) verwendet wird.

15 30. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 9, 10  
oder 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

20 durch die Verwendung der Wärmedämmsschicht (7) die maximal  
zulässige Arbeitstemperatur in der Dampfturbine (300,  
303) erhöht ist.

31. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmsschicht (7) für eine Vorrichtung (1, 333,  
334, 335, 366) verwendet wird,  
ohne dass die maximale Arbeitstemperatur in der Dampftur-  
bine (300, 303) erhöht wird.

32. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach zumindest einem der Ansprüche 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass

5 durch die Verwendung der Wärmedämmsschicht (7) das gesamte Verformungsverhalten von verschiedenen Bauteilen (1, 333, 334, 335, 366, 367) eingestellt wird, indem die Porosität oder die Dicke oder das Material der Wärmedämmsschicht (7) lokal variiert werden.

10

33. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

15 durch die Verwendung der Wärmedämmsschicht (7) auf einem Gehäuseteil (366, 367) ein radiales Spiel zwischen einer Turbinenlaufschaufel (342, 354, 357) und einem Gehäuseteil (366, 367) durch das kontrollierte Verformungsverhalten eingestellt, insbesondere minimiert wird.

20

34. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass

25

durch die Verwendung der Wärmedämmsschicht (7) axiale Spiele zwischen einem Rotor mit Turbinenschaufeln (342, 354, 357) und einem Gehäuse (366) durch das kontrollierte Verformungsverhalten eingestellt, insbesondere minimiert werden.

30

35. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 für die Verringerung radialer und/oder axialer Spiele für stationäre Zustände der Dampfturbine (300, 303).

35

36. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,  
5 für die Verringerung radialer und/oder axialer Spiele für  
instationäre Zustände der Dampfturbine (300, 303).

37. Dampfturbine,  
10 die zumindest zwei Gehäuseteile (335, 366, 367) aufweist,  
die eine Wärmedämmsschicht (7) aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Wärmedämmsschicht (7) verschiedene Materialien und/oder  
verschiedene Dicken und/oder verschiedene Porositäten auf  
den verschiedenen Gehäuseteilen (335, 366, 367) aufweist.

38. Dampfturbine nach Anspruch 37,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmsschicht (7) im Einströmbereich (333, 335)  
angeordnet ist.

25  
39. Dampfturbine nach Anspruch 37 bis 38,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 die Wärmedämmsschicht (7) im Betrieb Temperaturen bis  
maximal 800°C, insbesondere bis 650°C ausgesetzt ist.

EPO - Munich  
33  
11. Dez. 2003

Zusammenfassung

Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Bauteil einer  
Dampfturbine und eine Dampfturbine

5

Die Erfindung betrifft ein Bauteil (1) einer Dampfturbine mit  
einer Wärmedämmsschicht (7), um das Verformungsverhalten auf-  
grund unterschiedlicher Erwärmungen des Bauteils (1) zu ver-  
gleichmäßigen.  
10

Figur 1

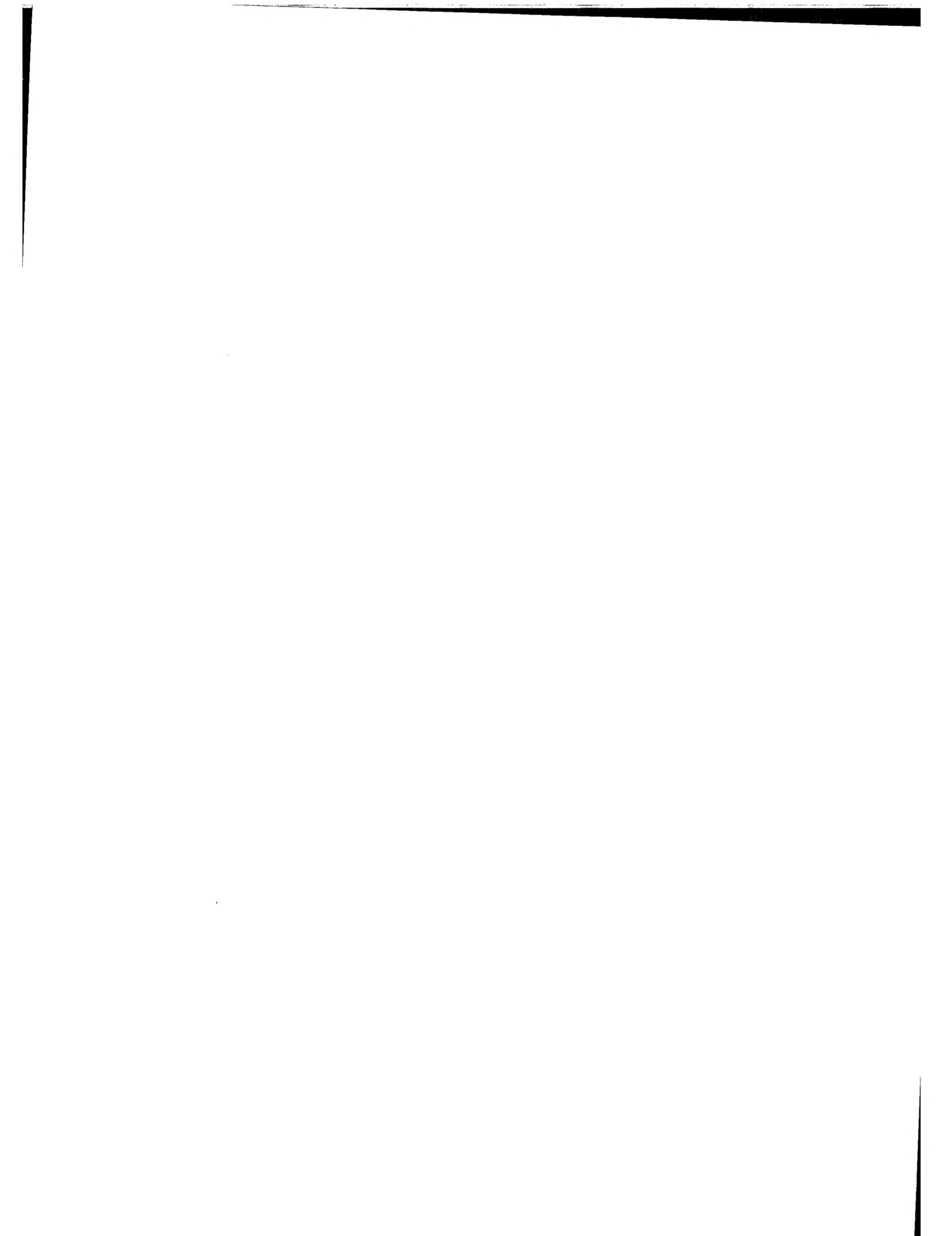


FIG 1

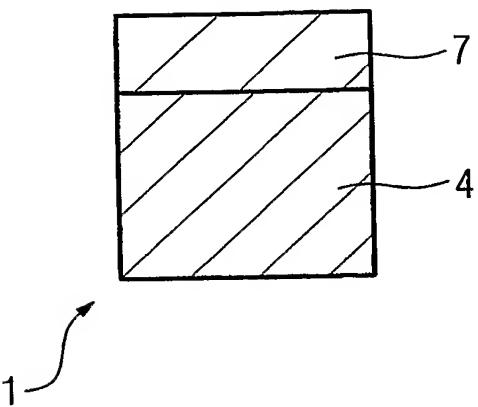


FIG 2

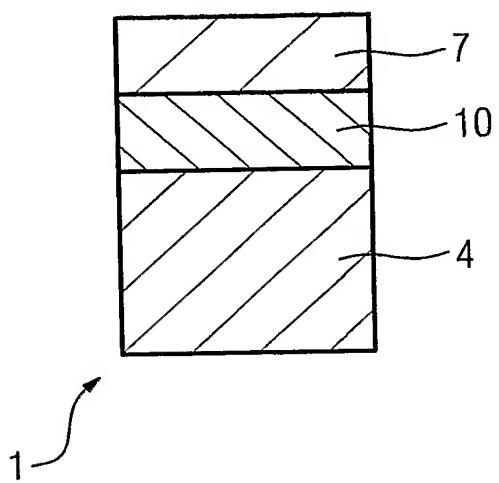


FIG 3

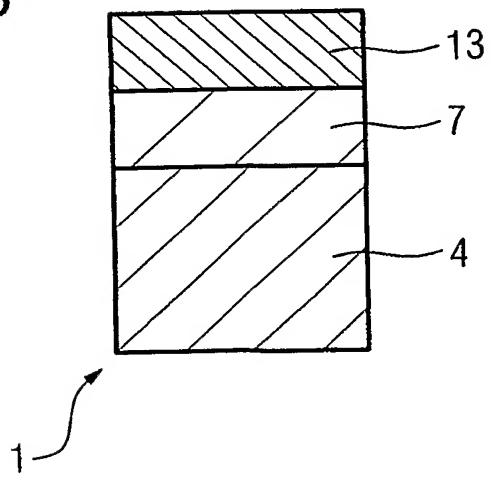


FIG 4

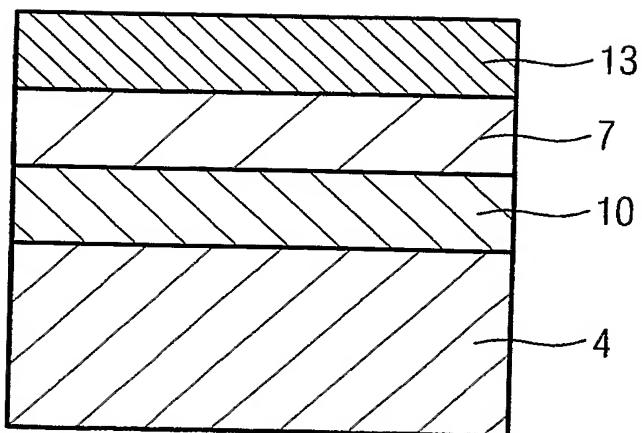


FIG 5

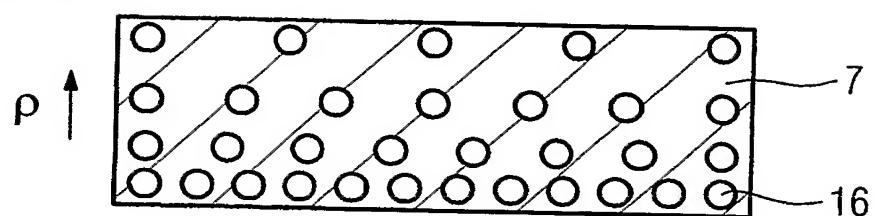


FIG 6

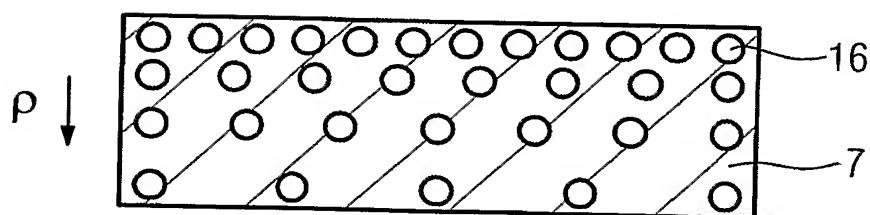


FIG 7A

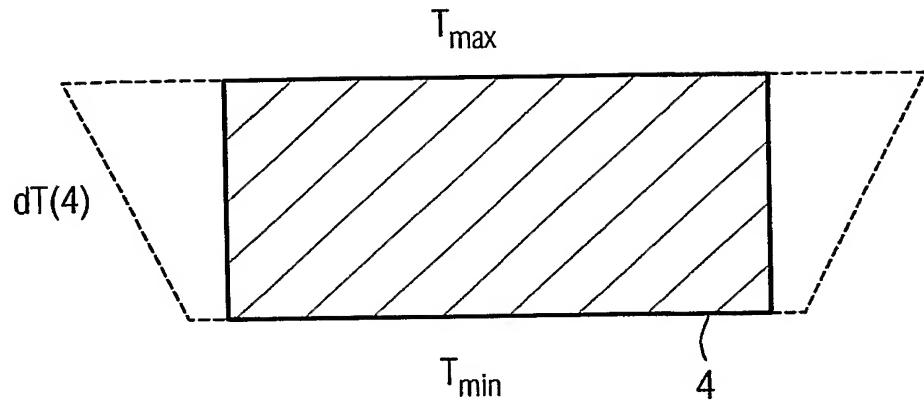
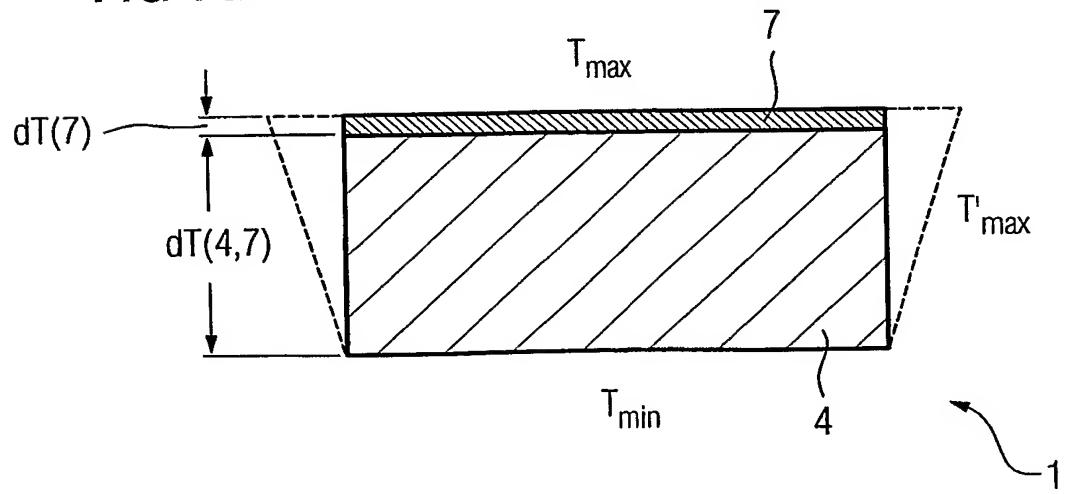


FIG 7B



200308636

4/9

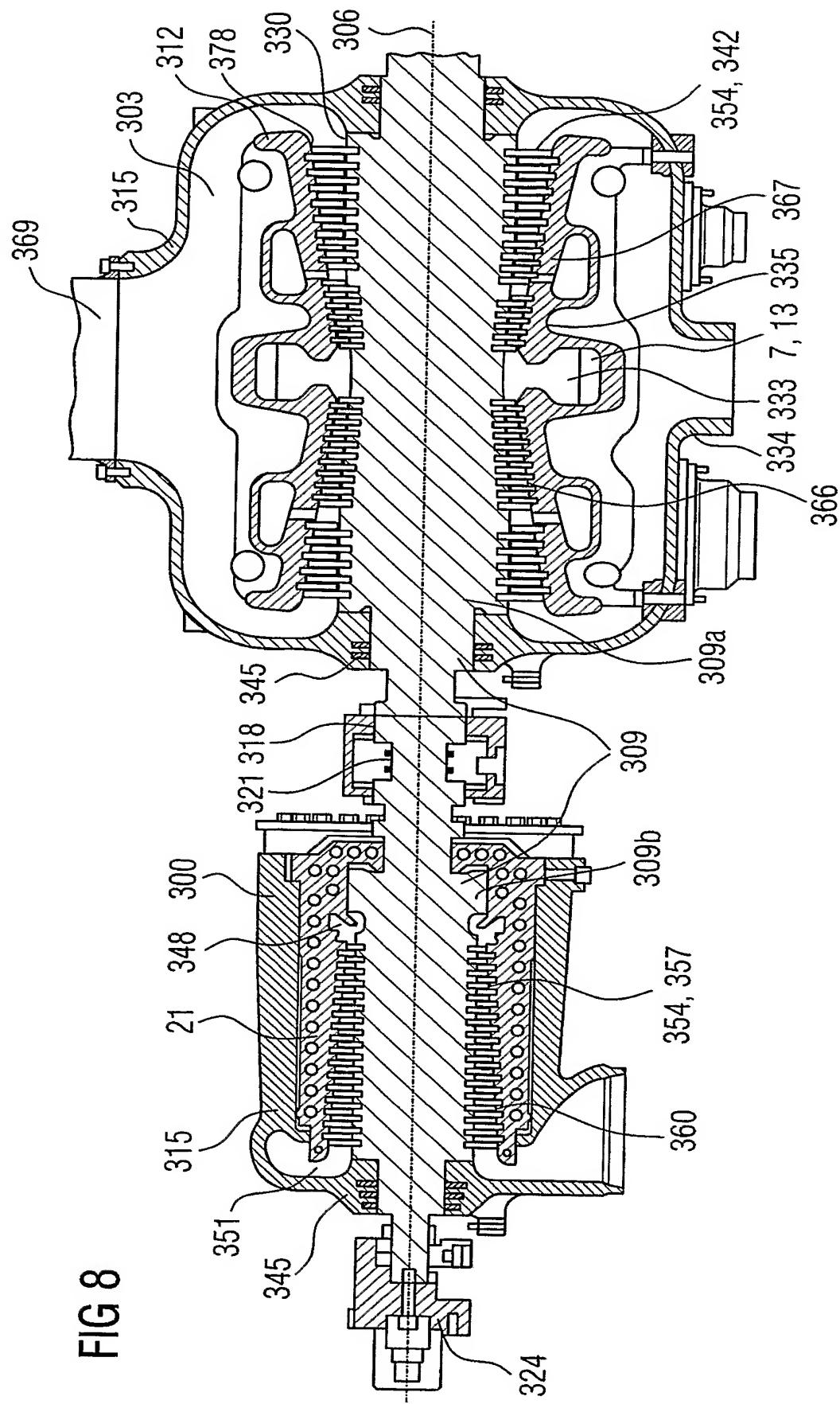


FIG 9A

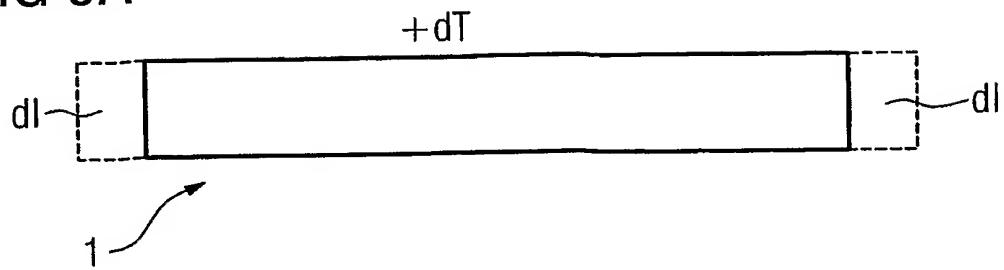


FIG 9B

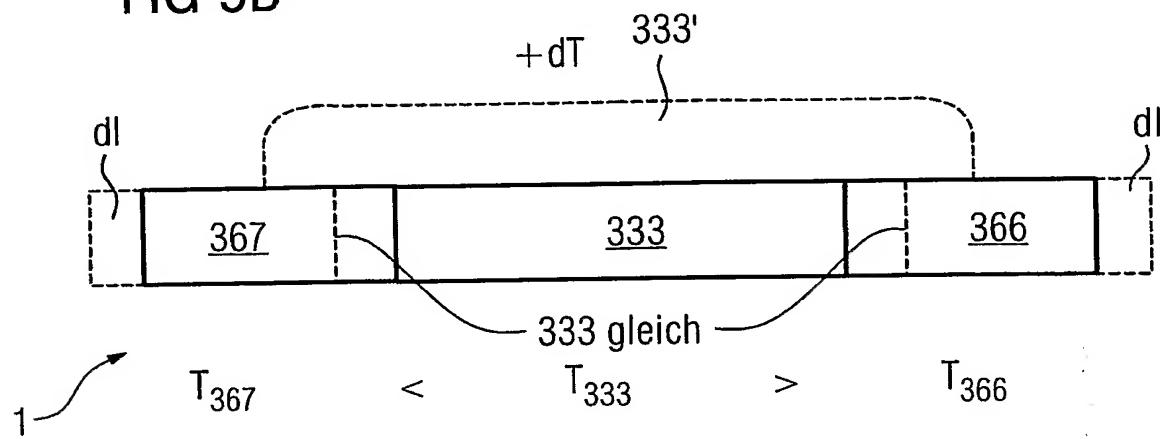


FIG 10

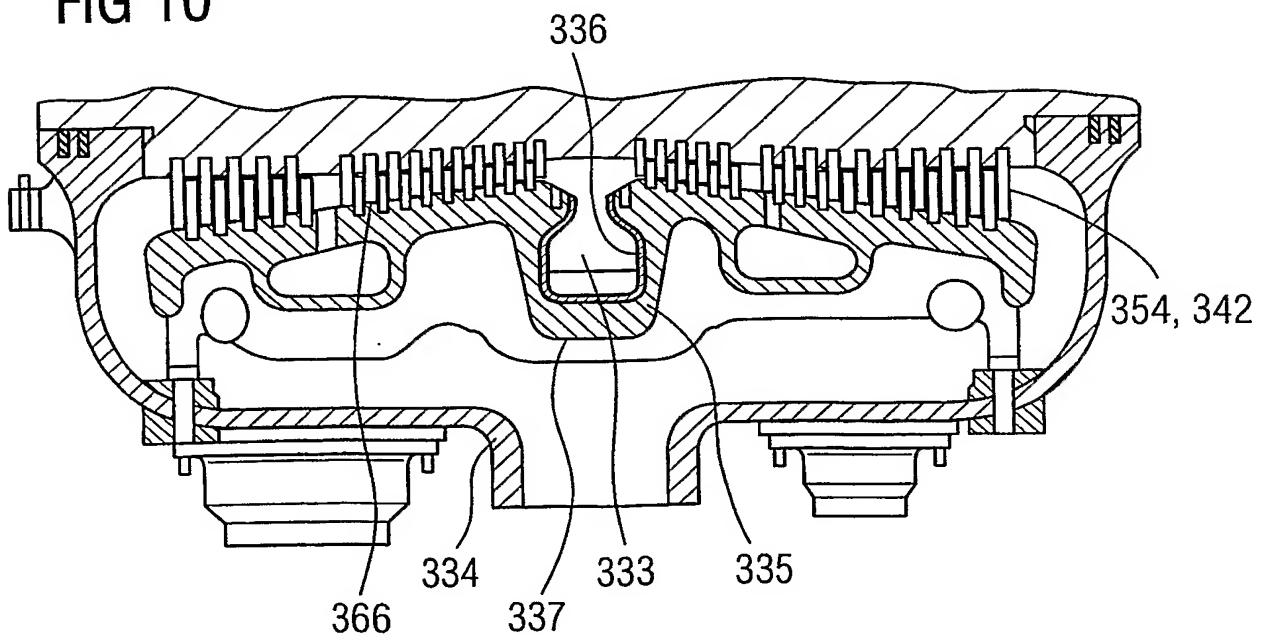


FIG 11

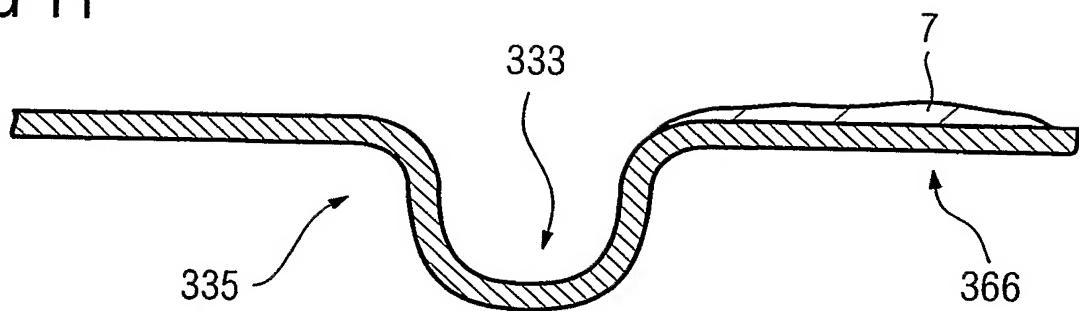


FIG 12

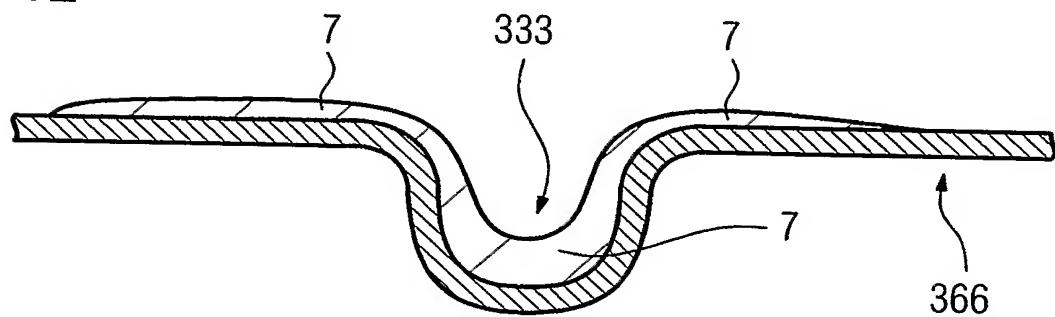
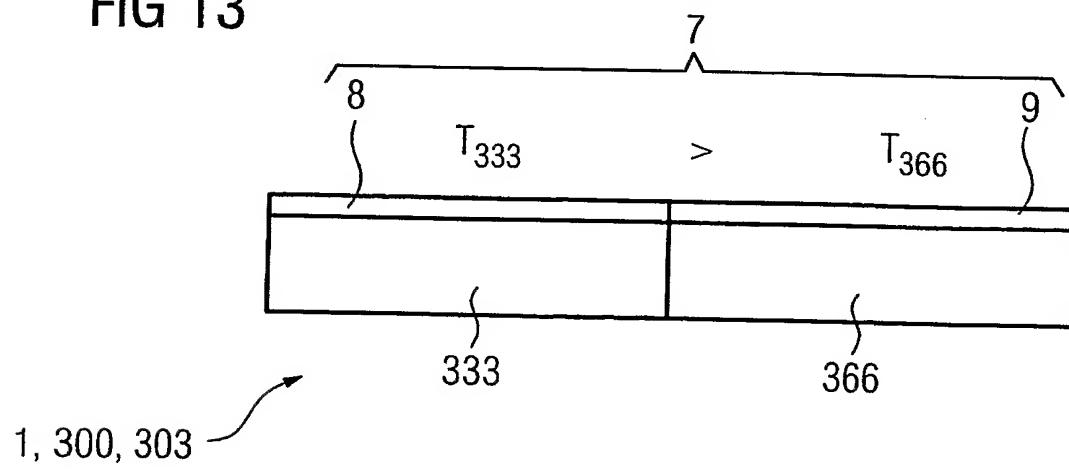


FIG 13



200308636

FIG 14

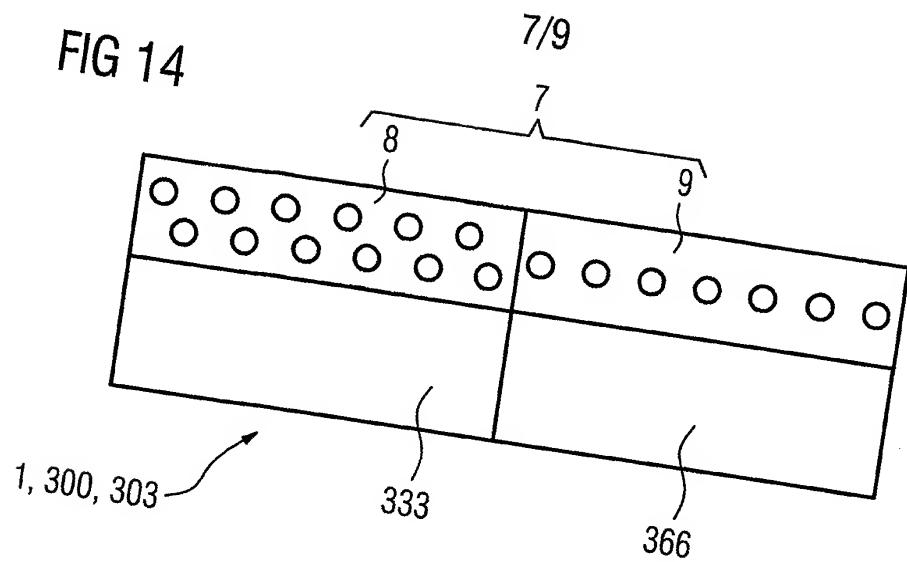


FIG 15

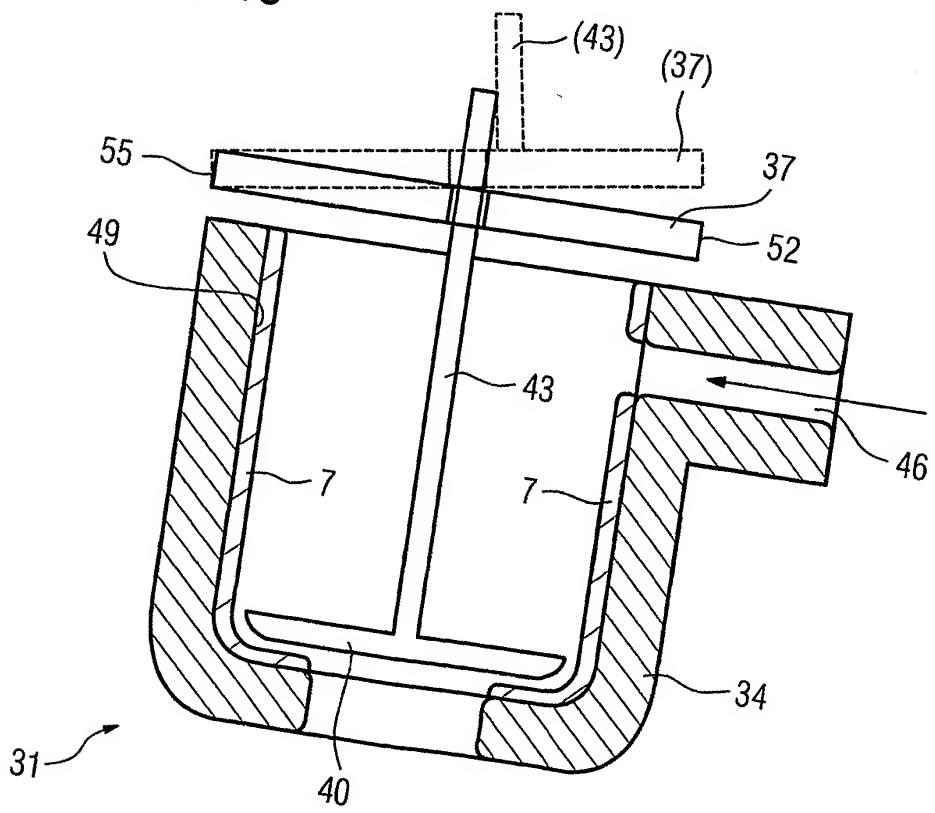
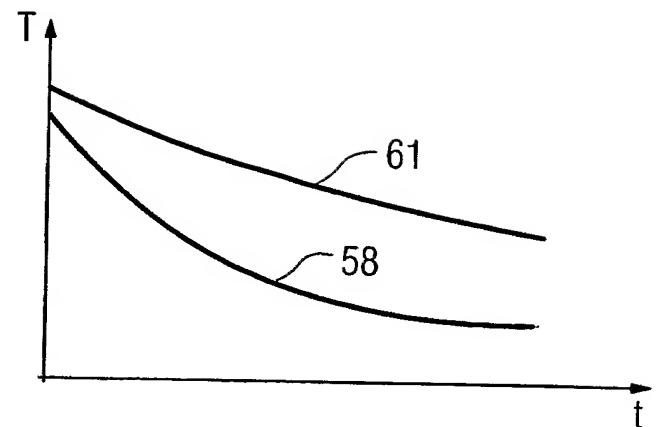
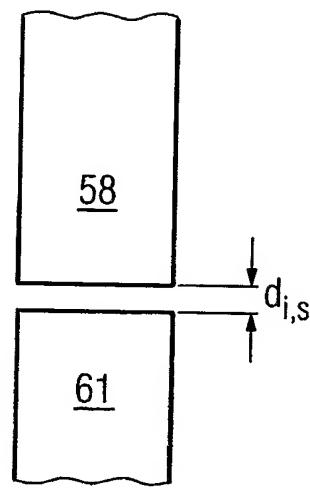
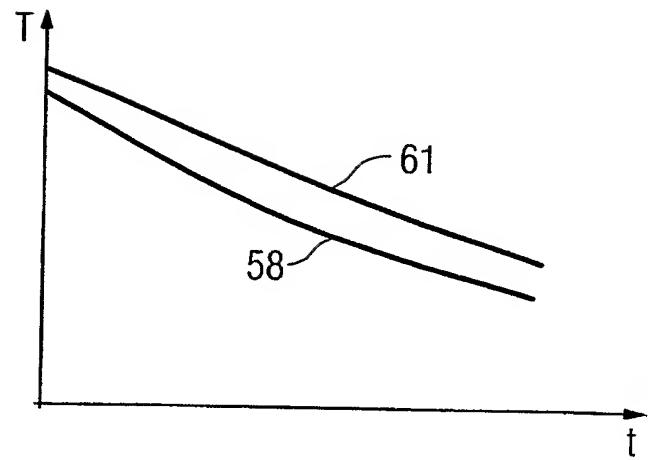
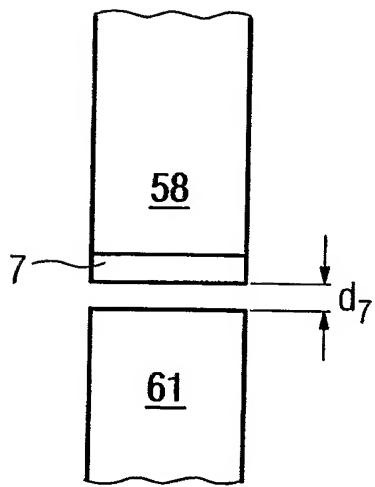


FIG 16



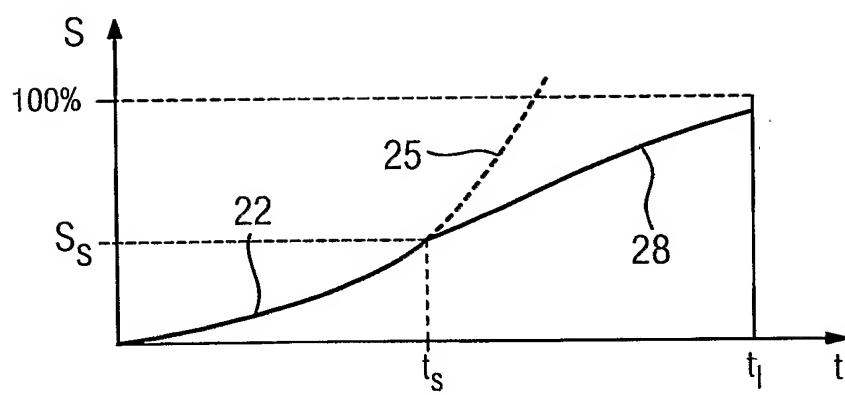
----- 306

FIG 17



----- 306

FIG 18



PCT/EP2004/013651

